

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie obrábění deskového obložení z alkamidu bubnů těžních strojů

Technology Proposal for Machining of Alkamid Boards Paneling of Mining Hoists Drums

Student: Mgr. Jan Militký
Vedoucí bakalářské práce: Ing. et Ing. Mgr. Jana Petruš, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Mgr. Jan Militký**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Specializace: **70 Strojírenská technologie**
Téma: **Návrh technologie obrábění deskového obložení z alkamidu bubnů
těžních strojů**
**Technology Proposal for Machining of Alkamid Boards Paneling of
Mining Hoists Drums**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky obrábění obložení bubnů.
2. Popis stávající technologie obrábění obložení bubnů.
3. Návrh nové technologie obrábění obložení bubnů.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [5] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov : COFIN Prešov, 2007. 338 s. ISBN 978-80-8073-759-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010
Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23.5.2011

.....
Mgr. Jan Mlýnský
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 23. 5. 2011

.....
Mgr. Jan Militký
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Mgr. Jan Militký

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ostrava, Stará Bělá

Korandova 662/29

Ostrava

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MILITKÝ, Jan. *Návrh technologie obrábění deskového obložení z alkamidu bubnů těžních strojů : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2011, 43 s. Vedoucí práce: Petrů, J.

Bakalářská práce popisuje a srovnává stávající a nově zaváděnou technologii obrábění deskového obložení těžních bubnů, které provádí firma INCO engineering, s.r.o. Nová technologie používá syntetický materiál alkamid. Ten má významně odlišné vlastnosti oproti dřevu, které je tradičním a dodnes nejčastěji užívaným materiálem. Mezi oběma technologiemi není zásadní rozdíl v technologických postupech. Alkamid je zhruba třikrát dražší materiál než dřevo a náklady na montáž se navyšují o cca 20 % až 30 %. Předpokládaná trvanlivost obložení z alkamidu je ve srovnání s obložením dřevěným přibližně trojnásobná. Použití alkamidu při výměně obložení ušetří oproti buku cca 1,5 mil. Kč (téměř 50 %) v průběhu 40 let.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MILITKÝ, Jan. *Technology Proposal for Machining of Alkamid Boards Paneling of Mining Hoists Drums : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2011, 43 p. Thesis head: Petrů, J.

The bachelor thesis describes and compares current and new technology for machining of board paneling of mining hoists drums which is performed by INCO engineering, s.r.o. The new technology uses a synthetic material alkamid. It's properties are significantly different compared to wood that is a traditional and to this day the most frequently used material. There is no significant difference in technological orders between technologies. Alkamid is roughly a three times more expensive material than wood and costs for assembly grow by c. 20 % to 30 %. Assumed durability of alkamid paneling compared to a wooden one is approximately threefold. Compared to beech, application of alkamid during paneling replacement saves c. 1,5 mil. CZK (almost 50 %) during 40 years .

Obsah

Seznam použitého značení.....	7
Úvod.....	8
1 Úvod do problematiky obrábění obložení bubnů	9
1.1 Hlubinná těžba a vertikální doprava	9
1.3 Klasické řešení deskového obložení těžních bubnů	14
2 Popis stávající technologie obrábění obložení bubnů.....	15
2.1 Používaná metoda obrábění u klasického deskového obložení	15
2.2 Úprava nově instalovaného obložení	19
2.3 Renovace dřevěného obložení	20
2.4 Řezné podmínky	23
3 Návrh nové technologie obrábění obložení bubnů	25
3.1 Vlastnosti alkamidu a rozsah možného použití	25
3.2 Rozměry vyráběných desek z alkamidu	26
3.3 Technologické vlastnosti alkamidu	27
4 Technicko – ekonomické zhodnocení.....	34
4.1 Zajištění obráběcích nástrojů	34
4.2 Náklady na dřevěný materiál obložení	35
4.3 Strojní časy při obrábění obložení bubnu	36
4.4 Personální plán, životnost obložení a náklady	37
Závěr	40
Seznam použité literatury	42
Seznam příloh	43

Seznam použitého značení

D	průměr frézy $[mm]$;
D_l	průměr těžního lana $[mm]$;
$D1$	průměr těžního bubnu přes dno drážky $[mm]$;
$D2$	průměr bubnu po zarovnání $[mm]$;
$D3$	jmenovitý průměr typu bubnu $[mm]$;
f_n	posuv na otáčku $[mm]$;
i	počet úběrů frézy $[-]$;
L	délka obrábění $[mm]$;
N	počet možných renovací instalovaného obložení $[-]$;
n	otáčky za minutu $[min^{-1}]$;
R_{dr}	poloměr vyfrézované drážky $[mm]$;
T	trvanlivost $[min]$;
TS	těžní stroj;
t_s	strojní čas $[min]$;
v_f	rychlost posuvu za minutu $[mm.min^{-1}]$;
v_c	řezná rychlost $[m.min^{-1}]$;
\check{Z}	životnost $[min]$.

Úvod

Těžba surovin a s ní úzce spojená technologie vertikální dopravy materiálu a osob v hlubinných dolech má v průmyslové společnosti již po mnoho desetiletí svůj nezastupitelný význam. Těžní stroje s třecím kotoučem i těžní stroje bubnové koncepce a jejich příslušenství jsou předmětem různých modernizací a rekonstrukcí. Tato práce se zabývá stávající a nově zaváděnou technologií obrábění deskového obložení bubnů těžních strojů používanou ve firmě INCO engineering, s.r.o. (dále INCO).

Tradičním materiálem obložení těžních bubnů je dřevo. Je dostupné a relativně levné. Díky svým vlastnostem se používá tvrdé dřevo. U obložení bubnů se setkáme zpravidla s dubovým či bukovým dřevem. Vlastnosti tohoto přírodního materiálu ovšem nejsou zcela vyhovující z pohledu namáhání obložení při provozu. Životnost obložení se prakticky pohybuje v rozsahu 5 let až 20 let. Poté je třeba obložení vyměnit a do nového dřeva vyfrézovat drážku pro navíjení těžního lana. K tomu se používá jednoúčelová frézka. V posledních letech se kvůli uvedeným nevýhodám začíná na místo tohoto klasického materiálu prosazovat alkamid (alkalický amid). Tento syntetický materiál má řadu předností, např. vykazuje po letech provozu podstatně nižší opotřebení ve srovnání se dřevem, výborné kluzné vlastnosti, nekoroduje, lze jej velmi dobře obrábět, snáší provozní teplotu až +80 °C aj. Cena materiálu i montáže obložení z alkamidu je však výrazně vyšší. Pro tuto problematiku není dostupná odborná literatura, proto jsou pro firmu, která se touto oblastí činnosti zabývá, velmi důležité praktické zkušenosti a dovednosti.

1 Úvod do problematiky obrábění obložení bubnů

1.1 Hlubinná těžba a vertikální doprava

Hlubinná těžba a související vertikální doprava má velmi dlouhou historii. Klasickými těžními stroji jsou bubnové těžní stroje (obr. 1). Vyvinuly se postupně z rumpálů, které nacházely uplatnění již ve středověkém hornictví. Kromě základního dvoububnového provedení existují i jednobubnové těžní stroje. Bubny mají dnes výhradně válcový tvar. Při těžbě dochází k navíjení lana do závitů bubnu, a to zpravidla v jediné vrstvě (obr. 2). Drážky, do kterých se lano navíjí, mohou být provedeny přímo v ocelovém plášti bubnu, nebo je na tento plášť připevněno nejčastěji dřevěné obložení s vysoustruženou nebo vyfrézovanou drážkou [1]. Jejich význam byl dominantní až do 70. let minulého století.

Dnes se bubnové těžní stroje užívají pro vertikální dopravu osob a materiálu v těžních klecích. Stroje, které můžeme vidět v současných těžních věžích v České republice, slouží již několik desítek let. Těžní buben je dutým svařencem (obr. 3, 4). Je tedy možná přítomnost pracovníka uvnitř. Této skutečnosti je využíváno při některých montážních pracích, např. při výměně deskového obložení.



Obr. 1: Pohled na bubnový těžní stroj instalovaný ve strojovně těžní věže. Buben je pod plechovým krytem vpravo, vlevo je elektromotor.



Obr. 2: Bubny dvoububnového těžního stroje s navinutým lanem.



Obr. 3: Pohled do vnitřku nového bubnu těžního stroje.



Obr. 4: Část nového bubnu těžního stroje při instalaci v Rusku. Materiálem obložení je alkamid a je v něm vyfrézována drážka pro těžní lano.

Jiné a v současnosti velmi rozšířené řešení způsobu navíjení těžního lana představuje systém s jednolanovým nebo vícelanovým třecím kotoučem. Tento systém je rovněž znám pod pojmem Koepe. Těžní lano je na třecí kotouč položeno a při otáčení kotouče uváděno do pohybu třecí silou mezi lanem a speciálním obložením kotouče, v němž je rovněž drážka pro lano. Toto řešení umožňuje dosáhnout užitečného zatížení do 60 tun při rychlosti dopravní nádoby vyšší než 15 m.s^{-1} ; setkáváme se s ním hlavně při vertikální dopravě černého uhlí.

Třecí kotouče mají nižší moment setrvačnosti než bubny, jsou levnější, stačí jim motor s relativně nižším výkonem a mají relativně nižší nároky na špičkový odběr energie. Vícelanové třecí kotouče umožňují těžbu z rozsahu hloubek 460 metrů až 1 520 metrů [2].

V poslední době se ve firmě INCO engineering, s.r.o. setkáváme se zaváděním deskového obložení těžních bubnů z alkamidu, které má oproti klasickému materiálu (tvrdé dřevo) řadu odlišných vlastností, mj. mnohem delší životnost. Cílem práce je tedy popsat a srovnat stávající a nově zaváděnou technologii obrábění obložení těžních bubnů a to včetně technicko-ekonomického zhodnocení nově zaváděné technologie s využitím alkamidu. Celá problematika je o to zajímavější a komplikovanější, že oblast není dostatečně popsána v literatuře. Pracovníci firmy zodpovědní za aplikaci této technologie, kdy obrábění probíhá přímo ve strojovně za chodu těžního stroje, tedy musí prokázat značnou schopnost improvizace.

1.2 Představení firmy INCO engineering, s.r.o.

Tato práce byla zpracována ve spolupráci s firmou INCO engineering, s.r.o. (dále jen „INCO“). Firma INCO byla založena roku 1994 jako pokračovatel výroby strojírenských výrobků, těžních strojů a zařízení pro hlubinné doly v závodech ČKD Praha a Škoda Plzeň. Tato tradice je dlouhá více než sto let a představuje více než šest set vyrobených těžních strojů různých konstrukcí. INCO zajišťuje celý široký rozsah zakázek od projektů až po dodávky na klíč včetně záručního a pozáručního servisu [3].

Firma INCO se zabývá komplexními dodávkami těžních strojů (typu KOEPE, jednobubnových i dvoububnových), mikroprocesorových regulačních a řídicích systémů, automatiky pro plnicí a výsypné stanice, důlních kompresorů, lanovnic do průměru 6 m, důlních ventilátorů, kompresorů a transformátorů, klecí, dopravníků a dalšího příslušenství potřebného v hlubinných dolech [3].

V současné době firma sídlí v Praze, přičemž má po republice několik poboček – ve Slaném, v Karviné a v Ostravě. Společnost INCO má veškerá oprávnění báňských úřadů v České republice a v Polsku k projektování, výrobě a montáži a též k provádění odborných posudků a zkoušek těžních strojů a zařízení pro svislou dopravu v hlubinných dolech. Velmi intenzivní je spolupráce s řadou dolů v Polsku. V případě poruchy, která má za následek zastavení těžby na některém z dolů, je zabezpečen neprodlený servis některým z pracovníků firmy INCO, a to i v případě polských dolů. Díky takto zajištěnému servisu tedy nemusí mít zákazník obavy ze ztráty zisku následkem znemožnění těžby [3].

Nová generace mechanické části těžních strojů, elektrické systémy řízení a zabezpečení, hydraulické a pneumatické brzdové systémy, skipy a klece jsou rovněž schváleny báňskými úřady. Na vyráběných zařízeních je uplatňována řada vlastních patentů, přičemž v dohledné době bude firma usilovat o sjednocení koncepce řešení v oblasti těžních strojů. Mezi novinkami z poslední doby patří za zmínku mj. skipy a skipoklece 8 – 45 t nové koncepce – jednoplášťové s využitím vysokopevnostních materiálů, a dále pudné kotouče a bubny nové koncepce (z hlediska konstrukce, použitého materiálu, a technologie zpracování) [3].

1.3 Klasické řešení deskového obložení těžních bubnů

Jak již bylo uvedeno v úvodní kapitole, tradičním materiálem obložení těžních bubnů je dřevo. Zpravidla se používá dřevo dubové či bukové. Dřevěný polotovár musí být před vlastním zpracováním dostatečně vysušen. V minulosti se užívaly dřevěné špalky, dnes se jako polotovár uplatňují kusy lepeného dřeva.

Anatomická a chemická stavba dřeva a také faktory stanoviště, na němž dřevo vyrostlo, podmiňují jeho fyzikální a mechanické vlastnosti. Tyto mají pro obrábění dřeva zásadní význam. Mezi fyzikální vlastnosti počítáme mj. hustotu, hygroskopicitu a tepelnou vodivost. Mechanické vlastnosti dřeva popisuje tvrdost, pevnost a plastičnost. Vlivem nehomogenní vláknité stavby dřeva však jeho mechanické vlastnosti vykazují silnou závislost na směru dřevních vláken. Technologické vlastnosti dřeva reprezentuje jeho dělitelnost, štípatelnost, tvárnost a obrobitelnost [4].

Značný význam z hlediska obrobitelnosti má hustota dřeva. Je známo, že s hustotou dřeva roste i řezný odpor při jeho obrábění, přičemž závislost je přibližně lineární. U určitých exotických druhů dřeva může docházet ke zvýšení řezného odporu vlivem vysokého obsahu oxidu křemičitého [4].

Tepelná vodivost dřeva ovlivňuje podíl tepla odváděného nástrojem. Vlhkost dřeva má vliv na jeho řezný odpor a na trvanlivost nástroje. Čím je vlhkost dřeva nižší, tím vyšší je jeho tvrdost. Mezi teplotou tohoto materiálu a řezným odporem je rovněž nepřímá závislost [4].

Dalšími faktory, které mají vliv na tvrdost dřeva, je hustota libriformních vláken a tloušťka jejich stěn. Mezi velmi tvrdá dřeva se řadí exotické druhy (např. eben), mezi tvrdá dřeva patří mj. dubové, bukové, javorové, jasanové či habrové. Je zřejmé, že pro silně namáhané části strojů lze použít jen dřeva s dostatečnou tvrdostí a tedy odolností. Vysoká tvrdost dřeva má rovněž pozitivní vliv na kvalitu obrobeného povrchu, tedy jeho nižší drsnost [4].

Dřevo představuje léty prověřený materiál, mezi jehož výhody patří mj. dostupnost a nízká cena. Podle zkušeností z různých dolů se pohybuje životnost dřevěného obložení od pěti let do dvaceti let, což je relativní nevýhoda oproti nově zaváděnému alkamidu.

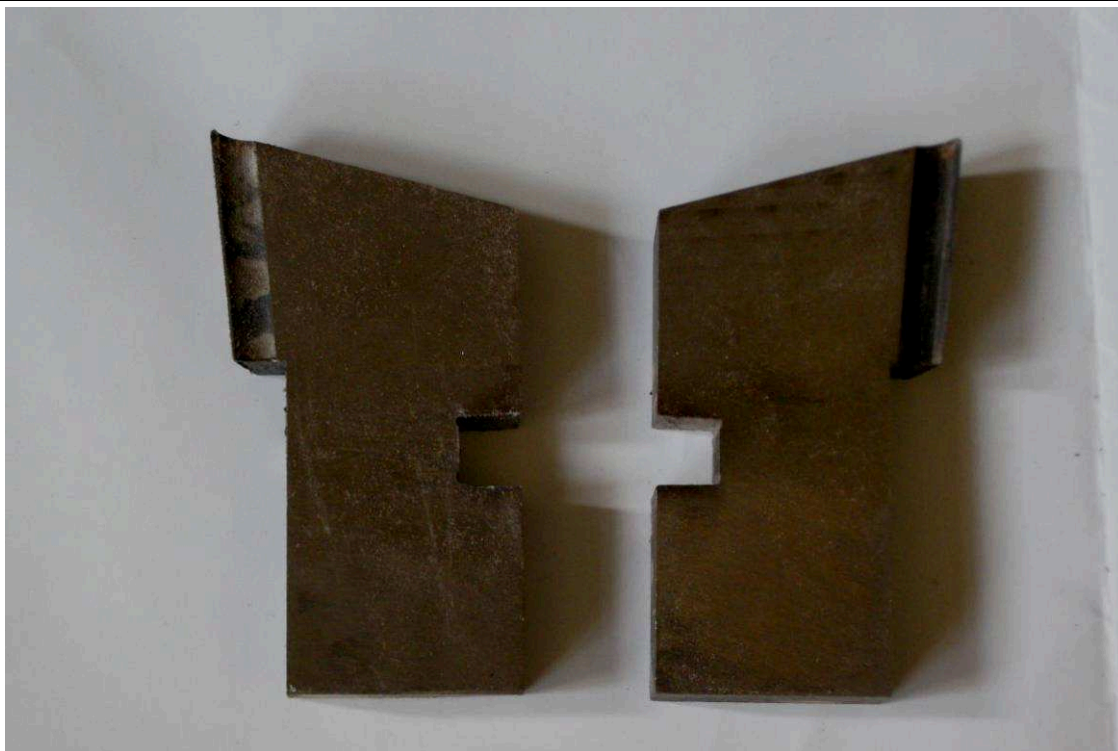
2 Popis stávající technologie obrábění obložení bubnů

2.1 Používaná metoda obrábění u klasického deskového obložení

V současné době se ve firmě INCO připravují drážky v dřevěném obložení frézováním při velmi pomalém otáčení bubnu. Před vlastním obráběním drážek je však potřeba provést hrubování tak, aby buben resp. oba bubny u dvoububnového těžního stroje získaly jmenovitý průměr (např. 4 000 mm). Tento proces trvá zpravidla 8 hodin až 16 hodin. Pro tuto problematiku není dostupná odborná literatura, rovněž obráběcí stroje nejsou sériově vyráběny. Používaná metodika byla navržena ve firmě INCO a je pro ni využíván jednoúčelový stroj – rovinná frézka, která byla zhotovena na zakázku. Firma má dva obdobné typy frézky. Posuv s jedním stupněm volnosti musí být synchronizován s otáčením bubnu. Hřídel bubnu je proto spojena řetězovým převodem s frézku. Převod je třeba navrhnout pro každý konkrétní případ vytvářené šroubovice. Její stoupání činí cca 0,5°. Rovněž nástroje se volí individuálně. Používají se podle potřeby stopkové, kotoučové či čelní nástroje. Jako hlavní pohon slouží elektromotor o výkonu 2,5 kW, otáčky motoru $n = 2\,800\text{ min}^{-1}$, k jehož hřídeli lze připevnit frézovací hlavu, a to z libovolné strany (obr. 5). Tak je umožněno obrábění po celé šíři bubnu těžního stroje. Pro hrubování obložení bubnu se používají rovinné frézovací nože (obr. 6).

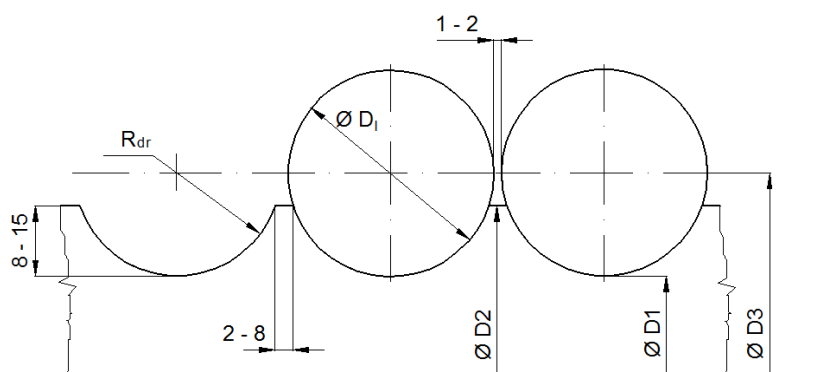


Obr. 5: Jedna z frézek užívaných pro obrábění deskového obložení bubnů těžních strojů.

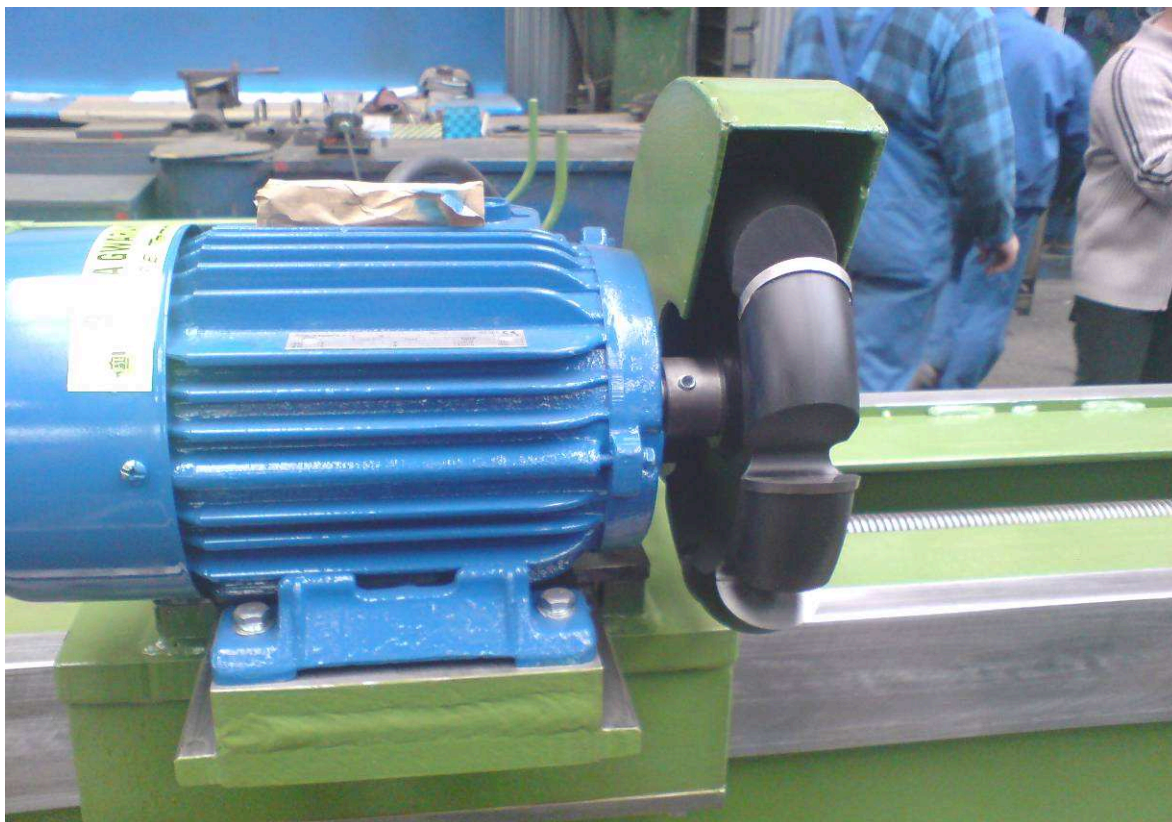


Obr. 6: Rovinné frézovací nože pro hrubování bubnu na jmenovitý průměr.

Rozteč drážky se zpravidla volí min. o 2 mm větší, než je jmenovitý průměr těžního lana. Objednatel uvádí v dokumentaci vždy pro buben s novým obložením požadované výsledné rozměry D1, D2, D3 (obr. 7). Běžná hodnota průměru těžního lana je 40 mm, pro velké zátěže může být až cca 80 mm. Při navrhování drážky se počítá s těžní hloubkou (ta se pohybuje okolo 1 km), a také se silou, kterou působí lano na drážku. Frézování obložení probíhá velmi pomalu. Vyfrézování šroubovice trvá v jednotlivých případech cca 4 hodiny až 8 hodin. Používají se rádiusové frézovací nože (obr. 9). Materiál obložení dovoluje obrábění nástrojem pod úhlem 90 °.



Obr. 7: Orientační rozměry v obložení bubnu těžního stroje pro lana běžných průměrů po zarovnání obložení bubnu a vyfrézování drážky pro těžní lano.



Obr. 8: Detail motoru a frézovací hlavy.



Obr. 9: Rádiusové frézovací nože pro frézování drážek.



Obr. 10: Svislá frézovací hlava o průměru 210 mm.

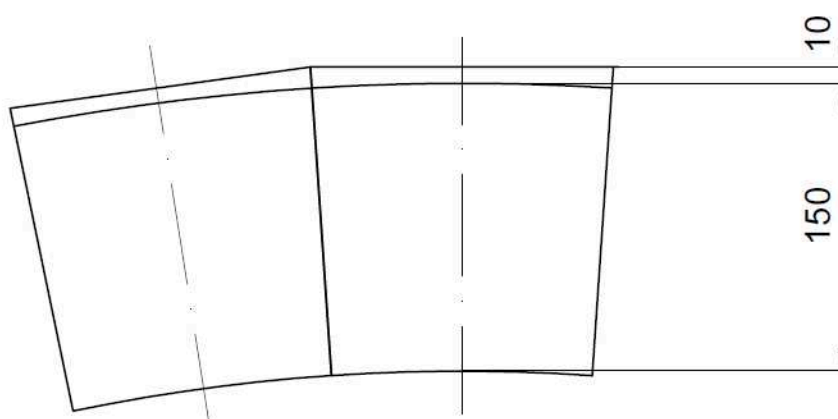
Jednotlivé frézovací nože se zasouvají se do svislé frézovací hlavy (obr. 8, 10). Způsob upnutí frézovacích nožů do frézovací hlavy je pomocí upínacích šroubů (obr. 11). Používané materiály a vlastnosti frézovacích nožů z jednotlivých materiálů budou popsány v části Technicko – ekonomické zhodnocení. Frézovací hlava existuje ve dvou zrcadlově souměrných provedeních kvůli možnosti upínání na obě strany hřídele elektromotoru. Frézovací hlava je zhotovena z nelegované konstrukční oceli 11 523. Výrobce je firma INCO.



Obr. 11: Detail způsobu upnutí frézovacího nože ve frézovací hlavě.

2.2 Úprava nově instalovaného obložení

Každý buben těžního stroje má určitý jmenovitý průměr (jmenovitý průměr typu stroje resp. jmenovitý průměr typu bubnu). Ten je na obr. 7 označen jako D3. Na ocelový plášť bubnu je nainstalováno dřevěné obložení. Je uchyceno vratovými pozinkovanými šrouby (zpravidla M20 x 130 – 5,6). Výška bloků, které toto obložení tvoří, může být například 150 mm. Povrchová vrstva dřeva musí být odebrána, a to minimálně v hloubce 5 mm. Firma INCO ubírá 10 mm (obr. 12). Struktura dřeva je na povrchu nevyhovující, často se v ní nacházejí rýhy. Je také třeba dát blokům vnější obloukový povrch. Po tomto zarovnání má tedy buben s obložením průměr D2. Dále dochází k frézování drážky. Po provedení drážky do dostatečné hloubky dojde ke kontrole aktuálního průměru D1, který reprezentuje dno drážky. Měření provádějí dva pracovníci pomocí pásma nebo drátu podél obvodu bubnu. Toto měření trvá až 30 minut. Prakticky se osvědčila hloubka drážky cca 13 mm. Zkušenosti z provozu ukázaly, že příliš mělce provedená drážka nevede lano dostatečně bezpečně. V důsledku toho pak někdy dojde při navíjení lana k jeho vyskočení z drážky.



Obr. 12: Znáznornění úběru materiálu dřevěných bloků při zarovnání obložení bubnu na předepsaný průměr (D_2).

Lano by navíc mělo být uloženo v drážce s vůlí. Prakticky se volí 1 mm:

$$R_{dr} = \frac{D_l}{2} + 1 \text{ [mm]}, \text{ kde} \quad (1)$$

R_{dr} poloměr vyfrézované drážky [mm];

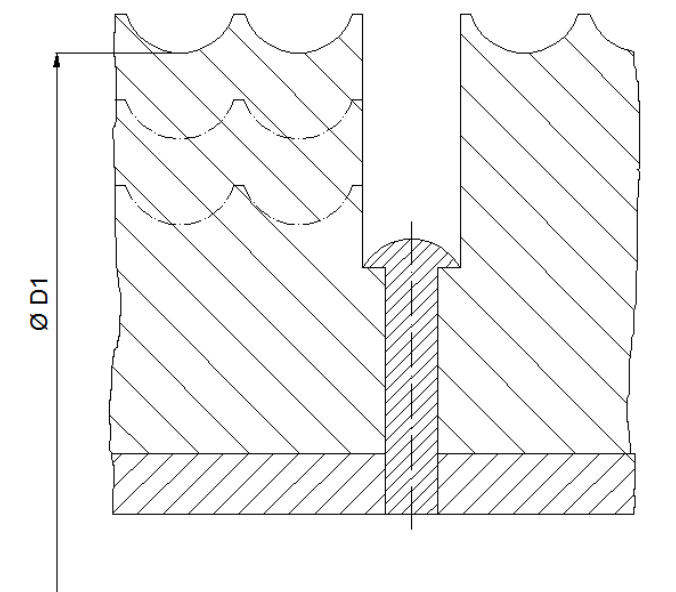
D_l průměr těžního lana [mm].

Pokud by se uvažovala drážka pro lano o průměru 50 mm, poloměr drážky by byl:

$$R_{dr} = \frac{D_l}{2} + 1 = \frac{50}{2} + 1 = 26 \text{ mm}.$$

2.3 Renovace dřevěného obložení

Běžně se provádí renovace stávajícího dřevěného obložení novým dřevěným obložením. To znamená úběr cca 20 mm až 30 mm vrstvy dřeva při jedné renovaci. Firma má zkušenost, že objednatel požadoval možnost provést v budoucnu dvakrát renovaci instalovaného obložení – vrstva dřeva tedy musí být dostatečně silná pro celkem tři úběry materiálu. Materiál je možno ubírat až po hlavu šroubů (tzn. lze obrábět až na úroveň cca 5 mm od vrcholu hlavy šroubu), kterými je dřevo k bubnu připevněno (obr. 13).



Obr. 13: Řez materiálem obložení bubnu, pláštěm bubnu a vratovým šroubem. Nalevo od šroubu jsou naznačeny další dvě úrovně pro nové drážky provedené při případné renovaci.

Renovace je nutno provádět zhruba po dvou až deseti letech provozu těžního stroje. Dřevěné obložení po letech provozu vykazuje značné poškození. To přirozeně odpovídá intenzitě používání a hmotnosti dopravované zátěže. Otlačení dřeva není v průběhu šířky bubnu rovnoměrné. Je to způsobeno rozdílným tlakem lana na obložení v průběhu jízdy skipu nebo klece. Tíha odmotané části lana je totiž značná. Měrná hmotnost běžného těžního lana se pohybuje okolo 8 kg.m^{-1} . Dále je u staršího dřevěného obložení patrné značné popraskání materiálu; výjimkou nejsou ani odštípnuté okraje drážek.

Pro obrábění obložení bubnů v České republice používá firma frézku zobrazenou na obrázcích 14 a 15; výkon elektromotoru $2,5 \text{ kW}$, otáčky $n = 2\,800 \text{ min}^{-1}$.



Obr. 14: Frézka používaná pro obrábění obložení bubnů tuzemských těžních strojů. Viditelné je vřeteno zajišťující posuv synchronizovaný s otáčením bubnu.



Obr. 15: Detail řemenového převodu frézky. Zřetelná je nainstalovaná frézovací hlava.

2.4 Řezné podmínky

Při hrubování nového obložení resp. zarovnání obložení při renovaci je třeba dodržet obvodovou rychlost při otáčení bubnu maximálně 2 m.s^{-1} . Prakticky se však volí dle konkrétních vlastností obložení během obrábění. Při frézování drážky by pak neměla přesáhnout $0,8 \text{ m.s}^{-1}$. V případě dvoububnových těžních strojů je také třeba dodržet podmínku stejného průměru obou bubnů.

Řezná rychlost v_c se vypočítá podle vztahu:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [\text{m.min}^{-1}], \text{ kde} \quad (2),$$

v_c řezná rychlost $[\text{m.min}^{-1}]$;
 D průměr frézy $[\text{mm}]$;
 n otáčky frézy za minutu $[\text{min}^{-1}]$.

Pro rádiusové frézovací nože je $D = 300 \text{ mm}$ a $n = 2\,800 \text{ min}^{-1}$. Řezná rychlost podle vzorce (2) tedy bude:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,141593 \cdot 300 \cdot 2800}{1000} = 2639 \text{ m.min}^{-1} = 44 \text{ m.s}^{-1}$$

Pro $D = 270 \text{ mm}$ (rovinné frézovací nože, obr. 14) a stejné otáčky:

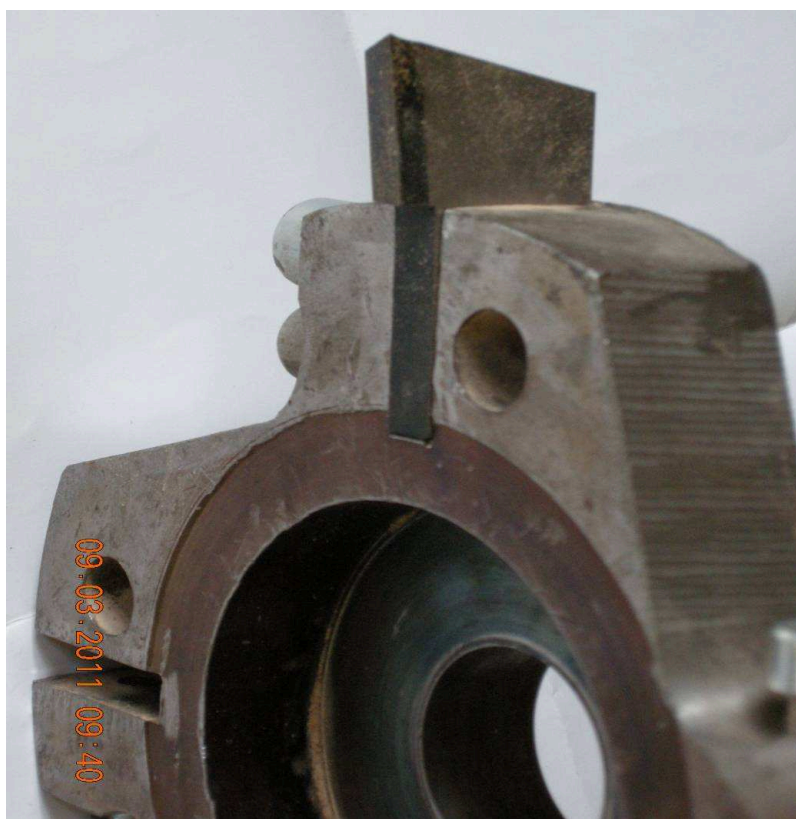
$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,141593 \cdot 270 \cdot 2800}{1000} = 2375 \text{ m.min}^{-1} = 39,6 \text{ m.s}^{-1}$$

Předpokládáme-li celkový úběr materiálu při renovaci obložení 30 mm a tři přejetí nástroje, bude hloubka úběru rovinným frézovacím nožem 10 mm . Tříska odděleného materiálu odchází po čele nástroje, které má tvar žlábků (obr. 6, 9, 11).

Geometrie nástroje má výrazný vliv mj. na pevnost břitu, trvanlivost nástroje, stabilitu procesu řezání, tepelné i silové zatížení, spotřebu vynaložené energie. Tvar čela se projevuje na utváření třísek, poměrech velikosti složek síly řezání i opotřebení nástroje. Současně s úhlem hřbetu působí i na tuhost a pevnost břitu nástroje. Hodnota úhlu hřbetu ovlivňuje podmínky tření nástroje o obrobek, poměry velikosti složek síly řezání, vznik

tepla zejména třením, tuhost bříty a trvanlivost nástroje. Hodnoty úhlů bříty odpovídají mj. fyzikální podstatě řezného procesu vzhledem k dané operaci a metodě obrábění, druhu a materiálu obrobku (zejména z pohledu obrobitelnosti), řezným parametřům, silovému i tepelnému namáhání a zatížení aj. [5].

Firma INCO má zkušenosti s frézovacími noži z různých materiálů (podrobněji v kapitole 4.1). Obr. 16 ukazuje frézovací hlavu, v níž je zasunut jeden rovinný frézovací nůž z nástrojové oceli.



Obr. 16: Detail části frézovací hlavy se zasunutým rovinným frézovacím nožem.

3 Návrh nové technologie obrábění obložení bubnů

3.1 Vlastnosti alkamidu a rozsah možného použití

Alkamid (přesněji alkalický polyamid 6, obchodní název Jarid), který firma INCO používá, je dodáván firmou TANEX, PLASTY a.s. Tento materiál je syntetizován alkalickou polymerací 6 – kaprolaktamu. Firma nabízí pro své zákazníky široký sortiment druhů polotovarů, např. tvaru desky, hranolu, lité tyče či trubky [6].

Jarid je dodáván v několika typech, které se liší složením, mechanickými vlastnostmi a barvou. Tyto typy jsou označovány zkratkami s případným číselným označením (např. APA – základní typ přírodní barvy, APA C3 – základní typ žluté barvy). Malé rozdíly v přírodní barvě alkamidu jsou podmíněny surovinou a výrobou. V případě barevného alkalického polyamidu jsou požadavky na odstín předmětem dohody mezi dodavatelem a zákazníkem. Hustota všech typů alkalického polyamidu 6 činí přibližně $1\,150\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ [6].

Z chemického hlediska je alkalický polyamid dobře odolný vůči vodě, tukům, anorganickým zásadám (čpavek, vápno, alkalické hydroxidy), dále vůči solím, acetonu, benzenu, benzínu, metanolu, petroleji, olejům, toluenu atd. Naopak není odolný vůči kyselinám, fenolu, krezolu a oxidačním látkám. Ve smyslu hygienických předpisů je považován za inertní látku [6].

Výrobce povoluje na povrchu neobráběných výrobků následující vady: propadliny, bubliny a nerovnosti; žádné z nich nesmějí přesahovat a zasahovat hlouběji než je stanoveno tolerancemi rozměrů výrobku. Je doporučeno používat při manipulaci rukavice z důvodu možného výskytu ostrých hran [6].

Teplota vznícení materiálu Jarid je $425\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vznícení je provázeno slabým výbuchem a uvolněním světle bílého dýmu. Po oddálení plamene se projeví samozhášecí schopnost materiálu [6].

Z hlediska strojírenství a technologie lze jmenovat následující přednosti výrobků z alkalického polyamidu [6]:

- možnost náhrady různých kovových materiálů při výrazně nižší hmotnosti; nákladech a delší životnosti výrobků;
- tichý chod a nižší hlučnost zařízení;
- výborné kluzné vlastnosti, velmi dobrá obrobiteľnosť, korozivzdornost;
- teplotní rozsah provozních podmínek od -30 °C do +80 °C; nepatrné opotřebení.

3.2 Rozměry vyráběných desek z alkamidu

Rozměry dodávaných výrobků jsou závislé na obsahu vody, tedy relativní vlhkosti vzduchu. Z tohoto důvodu výrobce uvádí pro všechny výrobky z alkalického polyamidu 6 platné rozměry a tolerance po době kondicionování (aklimatizace, při níž dochází ke zvětšení vlhkosti materiálu na určitou hodnotu) 72 h při teplotě 23 °C. Výrobce garantuje odchylky rovinnosti jednotlivých desek max. do 5 mm (tab. 1) [6].

Tab. 1: Rozměry dodávaných desek z alkalického polyamidu 6 [6].

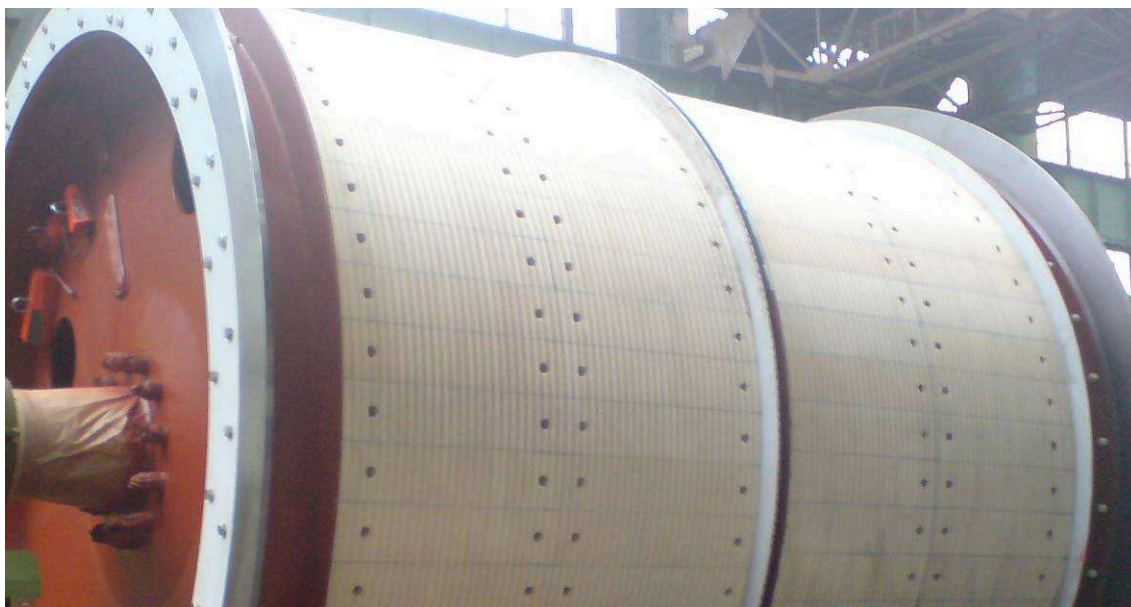
Délka vč. tolerance [mm]	Šířka vč. tolerance [mm]		Tloušťka vč. tolerance [mm]
880 +15 -5	320 ± 30		60 + 9
			70 + 9
			80 + 9
			90 + 9
			100 + 9
			110 + 9
			120 + 9
	hrubý odlitek	ořezané	
1020 + 25	500 + 100	500 + 50	10 + 2
			16 + 3
			20 + 3
			25 + 3
			30 + 5
			36 + 5
			40 + 5
			50 + 5
			60 + 5

3.3 Technologické vlastnosti alkamidu

Polotovary z alkamidu lze velmi dobře obrábět na běžných kovoobráběcích strojích. Předpokladem jsou dobře naostřené nástroje a dodržování některých pokynů. Především je třeba dodržovat nejméně 6-ti týdenní dobu odležení od data zhotovení. Je to způsobeno tím, že vyrobený odlitek prakticky neobsahuje vlhkost, a v průběhu času (působení okolního vzduchu) dochází k dosažení rovnovážné vlhkosti materiálu. V průběhu této doby klesá v materiálu (odlitcích) zbytkové vnitřní pnutí; to přetrvává zejména u masivních bloků [6].

Řezat desky lze na kotoučových pilách s břity ze slinutých karbidů, max. otáčky 900 min^{-1} , rychlost posuvu do $500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, při chlazení emulzí. Firmě jsou však dodávány bloky alkamidu požadovaných rozměrů – na rozdíl od dřevěných kusů jsou kratší a vyšší. Vnitřní průměr je dodán vyfrézovaný, na vnější průměr se bloky frézují až ve strojovně po montáži na buben. Pro frézování se doporučuje použít rychlořeznou ocel, max. otáčky 2000 min^{-1} , posuv dle požadované drsnosti, max. $450 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, použití chlazení dle potřeby [6]. Zkušenosti z firmy s obráběním alkamidu potvrzují, že je třeba provádět obrábění polotovarů z alkamidu dostatečně pomalu, protože jinak dochází k nadměrnému vzrůstu teploty a „zapékání“ materiálu. Pro hrubování materiálu lze použít soustruh, otáčky od 1200 do 2000 min^{-1} , rychlost posuvu do $600 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. V případě potřeby s chlazením. Do alkamidu je možno předvrtávat otvory, za dodržení specifických pokynů uváděných výrobcem [6].

Pro dokonalé upevnění alkamidových desek na těžní buben je potřeba použít vhodné lepidlo. Pouhé přišroubování desek by nezajistilo klidný chod, protože by docházelo k nežádoucím posuvům desek během navíjení lana. Firma INCO používá lepidlo ISOLEMFI 50119 C firmy EMFI. Jedná se o jednosložkové polyuretanové expanzivní lepidlo plnivé bez rozpouštědel. Lze jej použít na všechny typy podkladů, včetně kovových. Doba konečného vytvrzení při 20°C je 6 h [7].



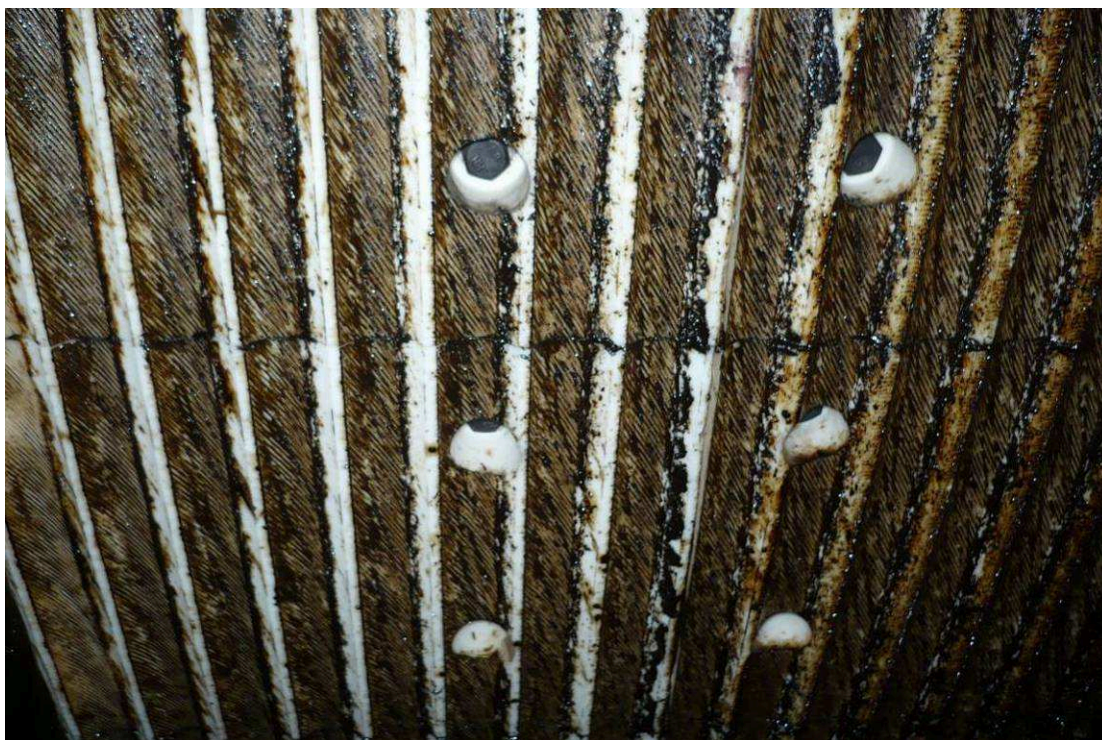
Obr. 17: Deskové obložení bubnů těžního stroje z alkamidu přírodní barvy.

Na obrázku 17 je buben s novým obložením z alkamidu, v detailu na obr. 18. Tento nový buben byl exportován do Ruska.



Obr. 18: Část nového těžního bubnu s vyfrézovaným obložením z alkamidu. Na okraji je oblast bez obložení, kde bude z vnitřku bubnu vycházet těžní lano.

Během provozu dojde ke znečištění povrchu mazivem Elaskon, kterým je promazáváno těžní lano (obr. 19). Zobrazena je část bubnu těžního stroje dolu Paskov, závod Staříč.



Obr. 19: Deskové obložení bubnu z alkamidu po cca 2 letech provozu. Zřetelné jsou horizontální díry oddělující jednotlivé desky, a otvory se šrouby, kterými jsou desky připevněny k plášti bubnu.

Jak již bylo uvedeno, alkamid vykazuje v průběhu provozu jen nepatrné opotřebení. Na obrázku 20 je pohled pod kryt bubnu těžního stroje; zřetelné je částečně navinuté těžní lano. Na alkamidovém obložení nenacházíme po letech provozu otlačení od lana, které je typické pro obložení dřevěné; toto je v průběhu šíře bubnu proměnlivé – největší je kvůli tíze lana na okraji.



Obr. 20: Pohled pod kryt bubnu těžního stroje s několika navinutými závitů těžního lana.

3.4 Technologické postupy pro výměnu obložení bubnu

V tabulkách č. 2 a č. 3 jsou uvedeny technologické postupy pro výměnu obložení ze dřeva a z alkamidu. Za srovnání vyplývají dva významné rozdíly. Prvním rozdílem je, že alkamidové bloky je třeba podlepit vhodným lepidlem, které má funkci tmele. Konkurenční firma při renovaci obložení bubnu těžního alkamidem na dole Staříč neprovedla aplikaci lepidla, což mělo negativní dopad na stabilitu desek při chodu stroje. Silně namáhané vratové šrouby, které drží desky v plášti bubnu, velice často praskají (obr. 21). Druhý rozdíl představuje vrtání dodatečných děr pro upevnění alkamidových bloků vrtacím strojem (obr. 22). Některé původní díry pro připevnění dřevěných bloků vratovými šrouby jsou díky vhodné poloze mimo místo styku alkamidových bloků použitelné. Vrtání nových děr navýší cenu montáže o zhruba 20 % až 30 %.

Tab. 2: Technologický postup výměny dřevěného obložení bubnu těžního stroje.

TECHNOLOGICKÝ POSTUP		Název: Výměna dřevěného obložení bubnu TS	
		Materiál: Dřevo bukové/dubové	
List: 1/1		Vypracoval: Ing. Ivo Nenza	Datum: 4. 10. 2010
Číslo operace	Název stroje:	Popis práce	Nástroje, pomůcky, měřidla
1/12		Příprava pracoviště – vytýčení pracoviště, zamezení vstupu nepovolaným osobám	
2/12		Ustavení suportu pro frézování	
3/12		Postupná demontáž starého obložení	Zámečnické nářadí
4/12		Čištění povrchu bubnů	Škrabky
5/12	Vrtací stroj	Úprava starých děr v plášti – možné zvětšení původních děr	
6/12		Ukládání jednotlivých segmentů nového dřevěného obložení a označení děr zevnitř bubnu	Fix, důlčík
7/12	Vrtací stroj	Provedení děr v novém dřevěném obložení mimo buben vč. zahloubení z vnější strany a přišroubování obložení	Šrouby vratové pozinkované M20 x 130 – 5,6
8/12		Frézování nového obložení na požadovaný průměr	Rovinné frézovací nože
9/12	Jednouúčelová frézka	Vyfrézování drážek pro těžní lano	Rádiusové frézovací nože
10/12		Demontáž suportu	
11/12		Naložení těžních lan (provede objednatel)	
12/12		Ověření rozměrů drážek, funkčnosti těžního stroje a vlastního ukládání těžních lan	Posuvné měřítko ČSN 25 1238

Tab. 3: Technologický postup renovace obložení bubnu TS alkamidem.

TECHNOLOGICKÝ POSTUP		Název: Renovace obložení bubnu TS alkamidem	
		Materiál: Alkalický polyamid 6	
List: 1/1		Vypracoval: Ing. Ivo Nenza	Datum: 4. 10. 2010
Číslo operace	Název stroje:	Popis práce	Nástroje, pomůcky, měřidla
1/14		Příprava pracoviště – vytýčení pracoviště zamezení vstupu nepovolaným osobám	
2/14		Ustavení suportu pro frézování	
3/14		Postupná demontáž starého obložení	Zámečnické nářadí
4/14		Čištění povrchu bubnů	Škrabky
5/14	Vrtací stroj	Úprava starých děr v plášti – možné zvětšení původních děr	
6/14	Vrtací stroj	Vyvrtání dodatečných děr do pláště, Příp. dohoblování, doříznutí	
7/14		Ukládání jednotlivých segmentů alkamidového obložení a označení děr zevnitř bubnu	Fix, důlčik
8/14	Vrtací stroj	Provedení děr v novém alkamidovém obložení mimo buben vč. zahloubení z vnější strany	
9/14		Aplikace lepidla a přišroubování obložení	Lepidlo ISOLEMFI 50119 C Šrouby vratové pozinkované M20 x 130 – 5,6
10/14	Jednouúčelová frézka	Frézování nového obložení na požadovaný průměr	Rovinné frézovací nože
11/14		Vyfrézování drážek pro těžní lano	Rádiusové frézovací nože
12/14		Demontáž suportu	
13/14		Naložení těžních lan (provede objednatel)	
14/14		Ověření rozměrů drážek, funkčnosti těžního stroje a vlastního ukládání těžních lan	Posuvné měřítko ČSN 25 1238



Obr. 21: Vratové šrouby používané pro přišroubování obložení.



Obr. 22: Vrtací stroj užívaný pro vrtání do desek obložení. Vrták se nachází vespod a nad deskou je pneumatické zařízení pro přitlačování vrtaných desek.

4 Technicko – ekonomické zhodnocení

4.1 Zajištění obráběcích nástrojů

Pro obrábění obložení bubnů těžních strojů se používají pro oba typy materiálu (alkamid, tvrdé dřevo) stejné nástroje. Frézovací nože jsou nejčastěji dodávány soukromou firmou HOZA METAL s.r.o. dle zadání pracovníka firmy INCO. Alternativně lze použít nože vlastní výroby (tabulka č. 4). Existují také jiné možnosti zhotovení nástroje, např. navaření tvrdokovu na abrazit, nebo použití materiálu 11 523 s ostřím z tvrdokovu.

Tab. 4: Přehled frézovacích nožů běžně používaných pro obrábění obložení bubnů těžních strojů.

Materiál nože	Dodavatel	Orientační cena [Kč]	Vlastnosti nože
Nástrojová ocel třídy 19	HOZA METAL	cca 1 000	Vysoká odolnost
Abrazit (ocel 14 320)	INCO	< 1 000	Ohnutí nástroje při najetí na bočnici bubnu
RADECO (Rychlořezná ocel třídy 19)	INCO	< 1 000	Uražení nástroje při najetí na bočnici bubnu

Jako nejodolnější se jeví nože z oceli třídy 19 vyráběné na zakázku. Praxe totiž ukazuje rozdíly mezi vlastnostmi jednotlivých materiálů frézovacích nožů – viz tabulka č.4. I přes výrazně vyšší cenu se tedy používají hlavně nože firmy HOZA METAL. V ideálním případě stačí jedna sada radiusových nožů pro obrobení drážky v obložení bubnu. Záleží ovšem na konkrétních podmínkách při obrábění, např. dojde-li k najetí do bočnice či k otupení nožů v hloubce drážky. Nicméně náklady na nástroje tvoří zanedbatelnou část ceny zakázky. Podle faktury za zakázku na výměnu dřevěného obložení nedosáhly náklady na frézovací nože částky 2 500 Kč včetně DPH.

4.2 Náklady na dřevěný materiál obložení

V České republice je provozováno 41 kusů těžních strojů, z toho je 24 bubnových strojů a 17 těžních strojů s třecím kotoučem. Jejich průměrný věk činil v roce 2009 cca 39 let [8].

Od instalace nových bubnových těžních strojů bylo v České republice upuštěno již před více než dvěma desetiletími, proto se aplikace obložení týká pouze renovace stávajících bubnů. Od počátku existence firmy INCO byly vyrobeny jen dva bubnové těžní stroje, a to pro export do zahraničí. U zákazníků je stále zájem o obložení dřevěné. Renovaci obložení je možné provést podle přání zadavatele dřevem nebo alkanidem. Firma INCO provádí zpravidla jednu až dvě renovace ročně dřevem ročně. Alkanid byl při výměně obložení použit v jediném případě – na dole Paskov.

Firmě INCO dodává dřevěný materiál na obložení bubnu soukromá firma. Dřevo je dodáno v požadovaných rozměrech, obrobené na požadovaný profil dle projektu (včetně úpravy a frézování hran). Příklad rámcového rozpočtu pro dubové a bukové obložení pro buben o šířce uvádí tabulky č. 5 a č.6.

Tab. 5: Rámcový rozpočet na dodávku materiálu pro obložení bubnu bukovým dřevem.

Položka rozpočtu	Cena za jednotku	Množství	Cena [Kč]
Výroba bukového přířezu 150x176x1600 mm	39 690 Kč.m ⁻³	170 ks = 7,2 m ³	285 006
Frézování na požadovaný profil dle projektu	590 Kč.ks ⁻¹	170 ks	100 300
Konečná úprava a frézování hran	120 Kč.ks ⁻¹	170 ks	20 400
Režijní náklady			45 750
DPH		20 %	90 291
K úhradě celkem			541 747

Tab. 6: Rámcový rozpočet na dodávku materiálu pro obložení bubnu dubovým dřevem.

Položka rozpočtu	Cena za jednotku	Množství	Cena [Kč]
Výroba dubového přířezu 150x176x1600 mm	58 200 Kč.m ⁻³	170 ks = 7,2 m ³	417 923
Frézování na požadovaný profil dle projektu	590 Kč.ks ⁻¹	170 ks	100 300
Konečná úprava a frézování hran	120 Kč.ks ⁻¹	170 ks	20 400
Režijní náklady			45 750
DPH		20 %	116 874
K úhradě celkem			701 247

4.3 Strojní časy při obrábění obložení bubnu

Strojní časy nelze stanovit paušálně pro všechny typy bubnů. Roli hrají také vlastnosti materiálu konkrétního obráběného obložení, proto reálné strojní časy závisí na konkrétních podmínkách při obrábění. Jak je zřejmé, délka obrábění L závisí na šířce bubnu, která je od cca 1 m u havarijních vratů po cca 2,5 m u větších bubnů.

Při zarovnání bubnu se počet úběrů frézy pohybuje od $i = 2$ do $i = 5$. Rychlost posuvu za minutu v_f lze vypočítat podle vzorce:

$$v_f = f_n \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}, \text{ kde} \quad (3)$$

n otáčky bubnu za minutu [min^{-1}];

f_n posuv na otáčku bubnu [mm].

Strojní čas lze vypočítat podle vzorce:

$$t_s = \frac{L \cdot i}{v_f} \text{ [min]}, \text{ kde} \quad (4)$$

L délka obrábění [mm];

i počet úběrů frézy [-];

v_f rychlost posuvu za minutu [mm.min^{-1}].

Při frézování drážky do dřeva je počet úběrů i od 6 do 15. Při frézování drážky do aluminidu je počet úběrů až $i = 30$. Jak bylo uvedeno v kapitole 2.4, je maximální obvodová rychlost otáčení bubnu při frézování drážky nižší než při zarovnávání bubnu.

Kromě strojních časů, které lze teoreticky vypočítat dle vzorce (4), je potřeba vyměnit frézovací hlavu. K tomu dochází vždy v polovině šířky bubnu a výměna trvá několik minut. Poté začíná obrábění opět od místa výstupu těžního lana z pláště. Obrábění obložení z alkamidu je časově a tedy i finančně přibližně dvojnásobně náročnější než v případě obložení dřevěného.

Podle [9] je montovaná strojírenská výroba příkladem výroby *diskrétní*. Pro diskrétní výrobu je typické, že ji lze přerušovat, existuje více variant zajišťování dílců resp. vstupů...Ceny uvedené v následující kapitole tedy nejsou pevně dané, mohou se lišit případ od případu. Rovněž bubny různých těžních strojů nemusí mít stejné rozměry apod.

4.4 Personální plán, životnost obložení a náklady

V dnešní době jsou náklady na zaměstnance značně vysoké. Podle příkladu uvedeného v [10] činí při hrubé mzdě zaměstnance 20 211 Kč celkové mzdové náklady zaměstnavatele 27 285 Kč. Náklady na pracovníky tedy tvoří velmi významnou část celkové ceny zakázky renovace obložení bubnu. V příkladu z praxe uvedeném výše se jedná o cca 45 % celkové ceny. Pokud by bylo obložení realizováno alkamidem, cena materiálu by byla hlavním důvodem vyšší ceny zakázky. Pohybovala by se kolem 1,5 milionu korun. Pro srovnání životnosti \check{Z} [min] dřevěného a alkamidového obložení lze použít jednoduchý vztah uvedený v [11]:

$$\check{Z} = (N + 1) \cdot T \text{ [min]}, \text{ kde} \quad (5)$$

N počet možných renovací instalovaného obložení [-];

T trvanlivost [min].

Pojem trvanlivost lze v tomto případě chápat jako dobu mezi dvěma renovacemi obložení bubnu. Budeme uvažovat trvanlivost v řádu let. Pokud dřevěné obložení bude mít např. trvanlivost $T = 6$ let a možnost provést dvě renovace ($N = 2$), pak životnost podle vzorce (5) bude:

$$\check{Z} = (N + 1) \cdot T = (2 + 1) \cdot 6 = 18 \text{ let.}$$

Trvanlivost obložení z alkamidu se předpokládá cca 20 let, s možností jedné renovace. Orientačně lze tedy životnost určit podle vzorce (5):

$$\check{Z} = (N + 1) \cdot T = (1 + 1) \cdot 20 = 40 \text{ let.}$$

Dřevěné obložení může být již po přibližně třech letech užívání popraskané. Jak již bylo uvedeno, vykazuje také nerovnoměrné zdeformování v průběhu šířky obložení vlivem proměnlivé tíhy visící části lana. Největší je kvůli tíze lana na okraji, od kterého se lano začíná navíjet. U obložení z alkamidu se takové poškození zatím nepozoruje, může však dojít k poškození vlivem nehody při provozu. Takovou nehodou může být například poškození těžního lana. Náklady při výměně obložení jsou rozebrány v tabulkách č. 7, č. 8 a č.9.

Tab. 7: Náklady na pracovníky pro výměnu dřevěného obložení (výpočty pro hodinové náklady 500 Kč/hod).

Druh práce	Počet dnů [d]	Počet pracovníků	Pracovních hodin/den[h]	Součet pracovních hodin [h]	Náklady [Kč]
Montážní práce	6	4	24	816	408 000
Obráběcí práce včetně přípravy	1	3	24	72	36 000
Stěhovací práce	1	4	15	60	30 000
Celkem	-	-	-	948	474 000

Tab. 8: Celková kalkulace nákladů na opravu obložení pláště bubnu bukovým dřevem.

Typy nákladů	Částka [Kč]
Náklady na materiál obložení (buk)	541 747
Náklady na pracovníky	474 000
Náklady na dopravu	15 000
Náklady na spojovací součásti a lepidlo	30 000
Celkem	1 060 747

Tab. 9: Orientační srovnání rozdílných položek nákladů na výměnu obložení pro klasické materiály a alkamid.

Druh práce	Dřevo bukové	Dřevo dubové	Alkamid
Cena materiálu [Kč]	550 000	700 000	1 200 000
Montážní práce a obráběcí práce [Kč]	450 000		600 000
Součet [Kč]	1 000 000	1 150 000	1 800 000

Navýšení celkové ceny v případě obložení z alkamidu oproti řešení s bukovým obložním činí tedy cca 800 000 Kč. Po dobu životnosti obložení z alkamidu (předpoklad 40 let) by muselo být odpovídající obložení ze dřeva dvakrát vyměněno ($\bar{Z} = 18$ let) a k tomu provedeny dvě renovace každého z instalovaných obložení. Instalace obložení z alkamidu by tedy vyžadovala náklady cca 1,8 mil. Kč, a zaručila by provoz na 40 let (za předpokladu jedné renovace, která však doposud nebyla prakticky provedena). Obložení bukové by tedy v průběhu 40 let vyžadovalo náklady vyšší než 3 mil. korun (cca 3,5 mil. Kč).

Závěr

Cílem této práce bylo popsat a srovnat stávající a nově zaváděnou technologii obrábění obložení bubnů těžních strojů, a to včetně technicko-ekonomického zhodnocení. Práce byla zpracována s využitím informací z firmy INCO engineering, s.r.o. (dále jen INCO), která provádí mj. obrábění obložení bubnů. Oblast strojírenství, kterou se tato práce zabývá, není dostatečně zpracována v literatuře. Překvapivě málo informací může v tomto případě poskytnout internet. Podstatným zdrojem informací pro práci tedy byly konzultace ve firmě. Nedílnou součástí práce jsou originální obrázky, které pomáhají čtenáři vytvořit si představu zejména o používaných nástrojích a bubnech těžních strojů.

Teoretická část práce byla pojata jako úvod do problematiky vertikální dopravy a obrábění obložení bubnů. Nejprve jsou v úvodu prezentována základní fakta o vertikální dopravě v hlubinné těžbě. Krátce je představena firma INCO a poté stručně popsáno klasické řešení deskového obložení bubnů včetně vlastností tradičně užívaného materiálu – dřeva.

V praktické části je popsán používaný způsob obrábění u dřevěného obložení, které je stále ještě často používanou možností při renovacích obložení. Ukázalo se, že metodika má svůj původ ve firmě INCO, stejně jako některé užívané nástroje. Dvě jednoúčelové frézy, které se pro obrábění obložení užívají, byly vyrobeny na zakázku. Dále práce pokračuje návrhem nové technologie obrábění bubnů. Tato nově zaváděná technologie využívá materiál alkamid. Jedná se o syntetický materiál, známý též pod názvem alkalický polyamid 6. Firmě INCO jsou bloky požadovaných rozměrů dodávány na zakázku. Do konečného tvaru jsou pak postupně vyfrézovány na těžním bubnu ve strojovně. Jsou podrobně popsány vlastnosti alkamidu. Tyto se jeví jako velmi příznivé z hlediska technologického i z pohledu uživatele, kterému řešení obložení z alkamidu zaručí daleko vyšší provozní odolnost a životnost než v případě dřeva. V případě České republiky je však aplikace nového obložení pláště bubnů prováděna pouze při renovacích stávajících bubnů; nové bubny nejsou instalovány již několik desítek let.

Použitá technologie se při použití alkamidu zásadně neliší oproti použití dřeva. Používají se stejné stroje, nástroje i parametry obrábění. Frézování drážky ale trvá déle kvůli vyššímu počtu přejezdů nástroje. Rovněž delší a přibližně o 20 % až 30 % dražší je

montáže obložení. Je velmi vhodné aplikovat pod bloky alkamidu polyuretanové lepidlo, které má funkci tmele. Kvůli kratším rozměrům bloků alkamidu je při renovaci obložení nutno vyvrtat do pláště bubnu vedle stávajících děr pro šrouby nové díry. Původní obložení tvořené dřevěnými deskami totiž potřebuje menší množství míst pro přišroubování, protože desky svojí délkou pokryjí celou šíři obložení.

Ukázalo se, že zásadním rozdílem mezi aplikací dřeva a alkamidu je zhruba třikrát delší trvanlivost v případě alkamidu. Tu lze zhruba odhadnout na patnáct až třicet let. Dřevěné obložení je nutno po dvou až deseti letech renovovat, což představuje investici objednatel zhruba přes milion korun, z toho asi půl milionu korun představuje cena materiálu. Pokud by objednatel zvolil řešení s alkamidem, náklady na výměnu obložení by byly vyšší zhruba o 800 tisíc Kč (tzn. investice cca 1,8 mil. Kč), ale v průběhu následujících 40 let by došlo k úspoře cca 1,5 milionu Kč (tj. téměř 50 %) oproti obložení bukovému. Odpadla by totiž nutnost dvou výměn obložení a jeho renovaci by bylo potřeba provést jen jednou, zatímco u dřevěného obložení dle předpokladu čtyřikrát.

Seznam použité literatury

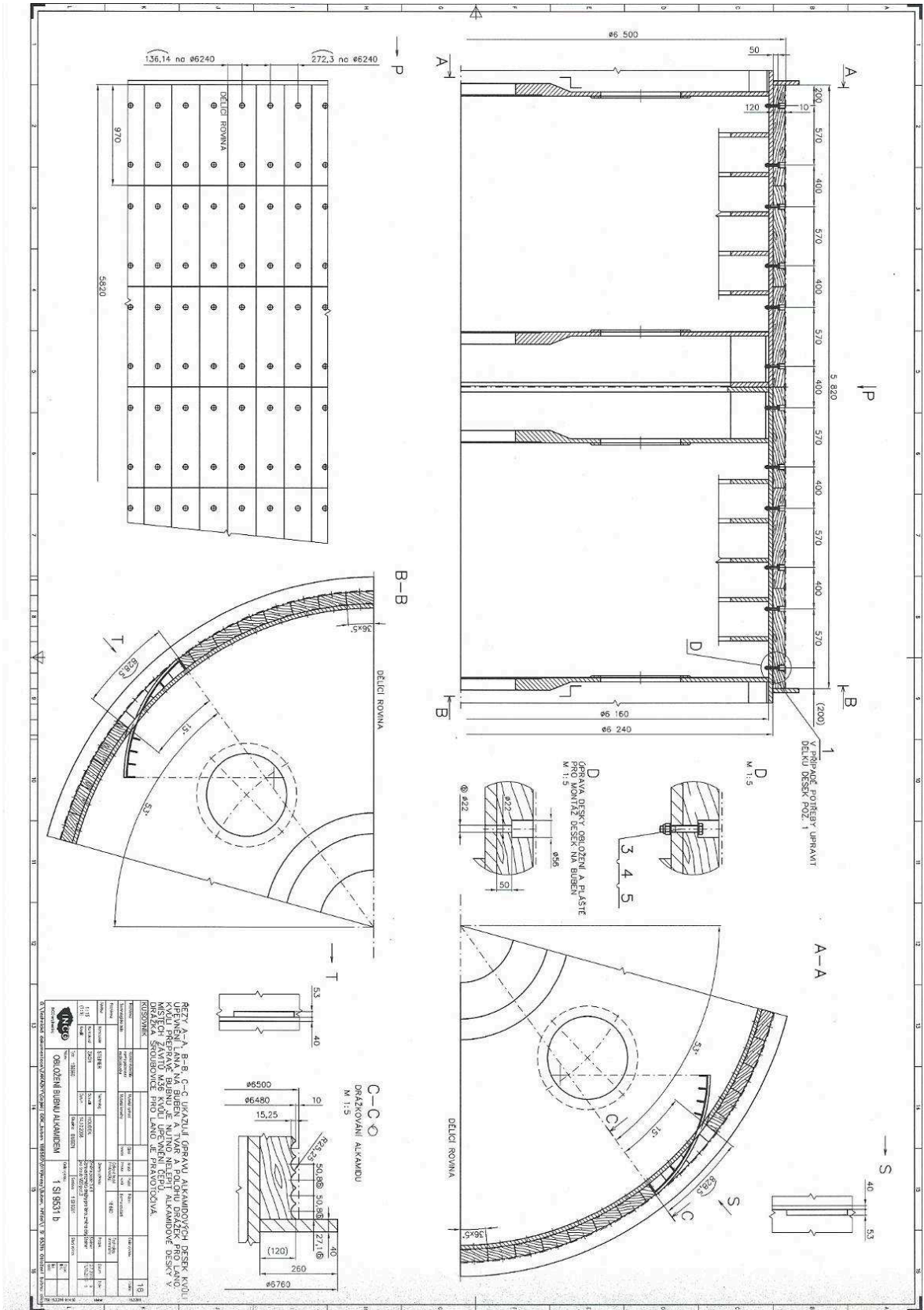
- [1] KONVIČKA, Vladislav. *Hornická skripta* [online]. [cit. 30. ledna 2011]. Dostupné z WWW: <<http://www.hornictvi.info/prirucka/technika/tezba.htm>>.
- [2] L HARTMAN, Howard. *SME mining engineering handbook*. 2nd edition. Littleton, Colorado: Society for mining, metallurgy & exploration, 1992. 2394 s.
- [3] *Inco Engineering* [online]. 2009. [cit. 30. ledna 2011]. Dostupné z WWW: <<http://www.inco-p.cz>>.
- [4] PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. 2., přepracované vydání. Praha: SNTL, 1978. 584 s.
- [5] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava: Fakulta strojní VŠB –TU Ostrava, 2007 [cit. 2011-4-13]. Scripta electronica. s. 251. Dostupné z WWW: <<http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/>>.
- [6] TANEX, PLASTY a.s. Jaroměř. *Alkalický polyamid 6 – Jarid*. 2002. 15 s.
- [7] EMFI. Kralupy nad Vltavou. *ISOLEMFI 50119 A,B,C,D*. 1 s.
- [8] PILIP, Milan. *Shrnutí dosažených výsledků řešení P. č. 50-06*. In PILIP, Milan. Zprava050.pdf [online]. Praha: Český báňský úřad - Státní báňská správa, 2009 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: <www.cbusts.cz/docs/projekty/zprava050.pdf>.
- [9] MACUROVÁ, Pavla, KLABUSAYOVÁ, Naděžda. *Logistika I*. VŠB – TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1419-3.
- [10] NOVÁK, Josef; HRYZLÁK, Jan. *Ekonomika a řízení provozu* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2011-04-05]. Dostupné z WWW: <www.fs.vsb.cz/euprojekty/414/ekonomika-a-rizeni-provozu.pdf>.
- [11] HORVÁTH, Gejza. *Metodika řízení výroby - podklady k přednáškám*. [online]. Plzeň: Západočeská univerzita, 2006 [cit. 2011-04-06]. Dostupné z WWW: <www.kpv.zcu.cz/mrv/MRV_pr.pdf>.

Seznam příloh

Příloha A – Výkres k montáži deskového obložení z alkamidu

Příloha B – Historický výkres k montáži dřevěného obložení bubnu

Příloha A

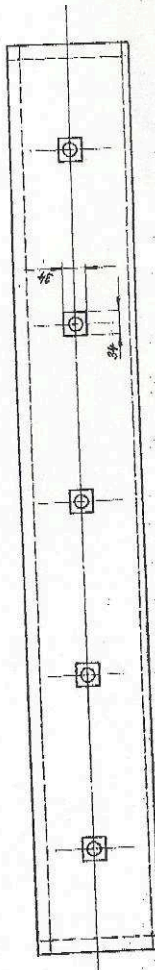
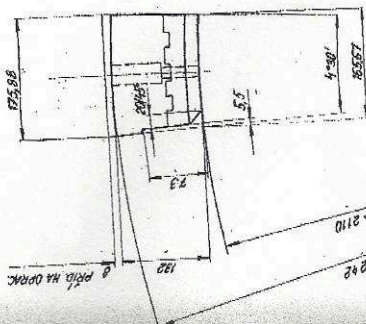
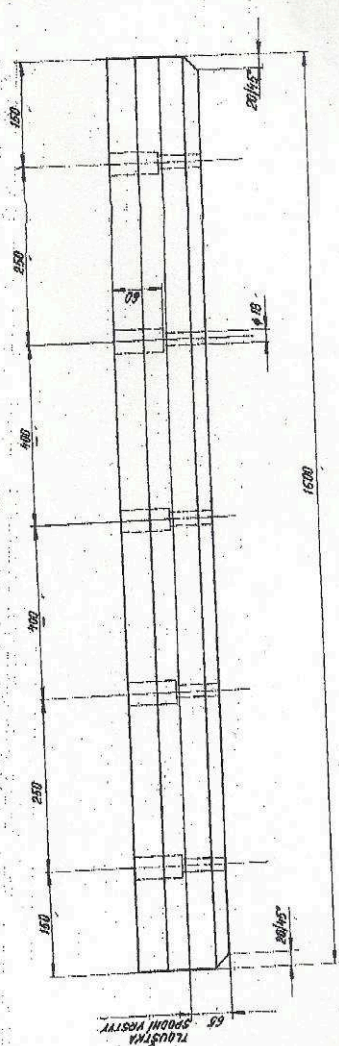


Příloha B

FROM : PKK SLANY, spol. s r.o.

PHONE NO. : 0314+523320

Aug. 30 2010 07:54AM P02

[illegible]